



#6  
Priority Document  
PATENT  
ATTORNEY DOCKET NO.: 041514-5104  
OSmallis-Logan  
4/29/03

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Takamasa YOSHIKAWA et al.

Application No.: 09/754,253

Filed: January 5, 2001

)  
)  
)  
)  
)  
)

Group Art Unit: 1775

Examiner: Unassigned

For: IMAGE PICKUP DEVICE INCLUDING ELECTRON-EMITTING DEVICES

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

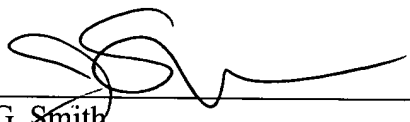
**CLAIM FOR PRIORITY**

Under the provisions of 35 U.S.C. §119, Applicants hereby claim the benefit of the filing date of **Japanese** Patent Application No. 2000-6425 filed January 14, 2000 for the above-identified United States Patent Application.

In support of Applicants' claim for priority, filed herewith is a certified copy of the Japanese application.

Respectfully submitted,

**MORGAN, LEWIS & BOCKIUS LLP**

  
\_\_\_\_\_  
John G. Smith  
Reg. No. 33,818

Dated: November 25, 2002

**MORGAN, LEWIS & BOCKIUS LLP**  
1111 Pennsylvania Avenue, N.W.  
Washington, D.C. 20004  
(202)739-3000



日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 1月14日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-006425

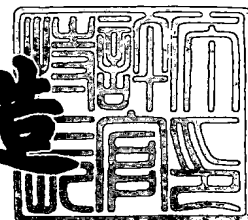
出 願 人  
Applicant (s):

パイオニア株式会社

2000年 8月18日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3065124

【書類名】 特許願

【整理番号】 54P0428

【提出日】 平成12年 1月14日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01J 1/30

【発明の名称】 電子放出素子を用いた撮像素子

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

【氏名】 吉川 高正

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

【氏名】 佐藤 英夫

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

【氏名】 吉澤 淳志

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

【氏名】 山田 高士

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

【氏名】 中馬 隆

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社

会社 総合研究所内  
【氏名】 根岸 伸安  
【発明者】  
【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見 6 丁目 1 番 1 号 パイオニア株式  
会社 総合研究所内  
【氏名】 岩崎 新吾  
【発明者】  
【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見 6 丁目 1 番 1 号 パイオニア株式  
会社 総合研究所内  
【氏名】 酒村 一到  
【発明者】  
【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見 6 丁目 1 番 1 号 パイオニア株式  
会社 総合研究所内  
【氏名】 秦 拓也  
【発明者】  
【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見 6 丁目 1 番 1 号 パイオニア株式  
会社 総合研究所内  
【氏名】 小笠原 清秀  
【特許出願人】  
【識別番号】 000005016  
【氏名又は名称】 パイオニア株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100079119  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 藤村 元彦  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 016469  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9006557

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子放出素子を用いた撮像素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 真空空間を挟み対向する一对の第 1 及び第 2 基板と、  
前記第 1 基板に設けられた複数の電子放出素子と、  
前記第 2 基板に設けられた光導電層と、からなる撮像素子であって、  
前記電子放出素子の各々は、オーミック電極上に積層された電子供給層上に積層された絶縁体層、及び前記絶縁体層上に積層された金属薄膜電極からなり、前記絶縁体層及び前記金属薄膜電極は、それらの膜厚が前記電子供給層に向かって漸次減少する島領域の電子放出部を有していることを特徴とする撮像素子。

【請求項 2】 前記絶縁体層は誘電体からなり、前記島領域以外では 50 nm 以上の膜厚を有することを特徴とする請求項 1 記載の撮像素子。

【請求項 3】 前記島領域における前記金属薄膜電極が前記絶縁体層上で終端していることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の撮像素子。

【請求項 4】 前記島領域における前記絶縁体層が前記電子供給層上で終端していることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 記載の撮像素子。

【請求項 5】 前記島領域は前記金属薄膜電極の平坦表面における凹部であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 記載の撮像素子。

【請求項 6】 前記絶縁体層及び前記金属薄膜電極は、物理堆積法又は化学堆積法で積層されることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 記載の撮像素子。

【請求項 7】 前記金属薄膜電極の複数の上にバスラインが形成され、前記オーミック電極及び前記バスラインはそれぞれストライプ状の電極でありかつ互いに直交する位置に配列されていることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 記載の撮像素子。

【請求項 8】 前記島領域において逆テーパブロックを備えていることを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 記載の撮像素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子放出素子を用いた撮像素子に関し、特に電子放出素子の複数を例えば２次元マトリクス状などの配列にした撮像素子に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

陰極の加熱を必要としないで、電界により電子を引き出す電子放出素子が、F E D (field emission display) の電子放出源として用いられている。例えば、錐体状のspindt形冷陰極を用いたF E Dの発光原理は、冷陰極アレイが異なるもののC R T (cathode ray tube) と同様に、陰極から離間したゲート電極により電子を真空中に引出し、透明陽極に塗布された蛍光体に衝突させて、発光させるものである。

【 0 0 0 3 】

冷陰極の電子放出素子を撮像素子に用いることも提案されている。例えば、特開平４－３１２７５２号に記載されているように、冷陰極の複数を並べて放出効率を高めたビジコン電子管装置が知られている。

しかしながら、微細なspindt型電界放出源は、冷陰極の製造工程が複雑で、その工程数が多いので、製造歩留りが低いといった問題がある。

【 0 0 0 4 】

さらに、特開平５－６７４９号に記載されているように、面電子源の冷陰極の複数をマトリクス配列して、放出された電子を結像面上の光導電膜に入射する構成の撮像装置が知られている。面電子源として金属－絶縁体－金属(M I M)構造の電子放出素子が用いられている。

しかしながら、M I M構造の電子放出素子を用いてもまだ放出電子の量は十分とはいえない。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、以上の事情に鑑みてなされたものであり、低い電圧で安定して電子放出することのできる電子放出素子を用いた撮像素子を提供することを目的とする。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

本発明の撮像素子は、真空空間を挟み対向する一对の第 1 及び第 2 基板と、

前記第 1 基板に設けられた複数の電子放出素子と、

前記第 2 基板に設けられた光導電層と、からなる撮像素子であって、

前記電子放出素子の各々は、オーミック電極上に積層された電子供給層上に積層された絶縁体層、及び前記絶縁体層上に積層された金属薄膜電極からなり、前記絶縁体層及び前記金属薄膜電極は、それらの膜厚が前記電子供給層に向かって漸次減少する島領域の電子放出部を有していることを特徴とする。

【 0 0 0 7 】

本発明の撮像素子においては、前記絶縁体層は誘電体からなり、前記島領域以外では 5 0 n m 以上の膜厚を有することを特徴とする。

本発明の撮像素子においては、前記島領域における前記金属薄膜電極が前記絶縁体層上で終端していることを特徴とする。

本発明の撮像素子においては、前記島領域における前記絶縁体層が前記電子供給層上で終端していることを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

本発明の撮像素子においては、前記島領域は前記金属薄膜電極の平坦表面における凹部であることを特徴とする。

本発明の撮像素子においては、前記絶縁体層及び前記金属薄膜電極は、物理堆積法又は化学堆積法で積層されることを特徴とする。

本発明の撮像素子においては、前記金属薄膜電極の複数の上にバスラインが形成され、前記オーミック電極及び前記バスラインはそれぞれストライプ状の電極でありかつ互いに直交する位置に配列されていることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

本発明の撮像素子においては、前記島領域において逆テーパブロックを備えていることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

【作用】



以上の構成により本発明によれば、絶縁体層及び金属薄膜電極の島状の一部がその界面が延在する電子供給層の方向へそれらの膜厚が漸次減少するので、その島領域から放出される電子の量が増加する電子放出素子を撮像素子に用いているので、撮像素子の小型化が可能となる。また、放出電子の直進性が良いため、解像度の高い出力信号（映像信号）が得られる。

#### 【 0 0 1 1 】

さらに、本発明の撮像素子では、電子放出素子の絶縁体層は厚い膜厚を有するのでスルーホールが発生しにくいので製造歩留まりが向上する。

#### 【 0 0 1 2 】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。

図 1 に示すように、本実施の形態の電子放出素子 S は、ガラスの素子基板 1 0 上に例えば、アルミニウム (A l)、タングステン (W)、窒化チタン (T i N)、銅 (C u)、クロム (C r) などからなるオーミック電極 1 1 を形成し、その上に金属若しくは金属化合物又はシリコン (S i) などの半導体からなる電子供給層 1 2 を形成し、その上に  $S i O_x$  ( $x = 0.1 \sim 2.0$ ) などからなる絶縁体層 1 3 を積層し、その上に例えば白金 (P t)、金 (A u) などの金属薄膜電極 1 5 を積層して構成される。特に、絶縁体層 1 3 は誘電体からなり、その平坦部は 5 0 n m 以上の極めて厚い膜厚を有する。これらの層は、スパッタリング法を通して、A r, K r, X e あるいはそれらの混合ガス、又はこれらの希ガスを主成分とし  $O_2$ ,  $N_2$  などを混入した混合ガスを用いてガス圧 0. 1 ~ 1 0 0 m T o r r 好ましくは 0. 1 ~ 2 0 m T o r r、成膜レート 0. 1 ~ 1 0 0 0 n m / m i n 好ましくは 0. 5 ~ 1 0 0 n m / m i n のスパッタ条件で成膜される。

#### 【 0 0 1 3 】

さらに、絶縁体層 1 3 及び金属薄膜電極 1 5 には、それらの膜厚が電子供給層 1 2 に向け共に漸次減少する島領域 1 4 が形成されている。島領域 1 4 の中央に向け絶縁体層 1 3 及び金属薄膜電極 1 5 は共に漸次減少している。

図 1 に示すように、島領域 1 4 は金属薄膜電極 1 5 の平坦表面における円形凹部として形成されている。島領域 1 4 においては、金属薄膜電極 1 5 が絶縁体層

1 3 上の縁部 A で終端している。また、島領域 1 4 における絶縁体層 1 3 は電子供給層 1 2 上の縁部 B で終端している。

#### 【 0 0 1 4 】

凹部である島領域 1 4 は、以下のように形成される。まず、図 2 に示すように、オーミック電極 1 1 が形成された基板 1 0 上にスパッタリングにより電子供給層 1 2 を形成する。

その後に、図 3 に示すように、電子供給層 1 2 の上に複数の球状の微粒子 2 0 を散布する。

#### 【 0 0 1 5 】

微粒子の形状は球状でなくても電子放出は得られるが、微粒子の粒界部分の均一性や膜上への均一な分散、凝集が無いことを考えると、等方的な形状である液晶用スパーサ、ボールミルなどの真球状粒子が望ましい。また、粒子径分布は小さい方がよい。微粒子の直径は、電子放出側の金属薄膜電極表面に微粒子の形状の一部が露出するような、すなわち完全に埋没しないような大きさである。微粒子の材質は絶縁体、半導体、金属が用いられ得る。金属微粒子を用いる場合、素子がショートしてしまう可能性があるので、後工程での金属薄膜電極 1 5 を成膜後、微粒子を完全に取り除く。

#### 【 0 0 1 6 】

次に、図 4 に示すように、電子供給層 1 2 及び微粒子 2 0 上に絶縁体 1 3、1 3 a を堆積させ、絶縁体の薄膜からなる絶縁体層 1 3 を形成する。ここで、電子供給層 1 2 及び微粒子 2 0 の接触部分の周りには絶縁体が回り込み、絶縁体層 1 3 の所定膜厚から電子供給層 1 2 に近づくにつれ漸次膜厚が減少する絶縁体層部分が形成される。膜厚が漸次減少する絶縁体層部分は島領域 1 4 における電子供給層 1 2 上の縁部 B で終端する。

#### 【 0 0 1 7 】

次に、図 5 に示すように、絶縁体層 1 3 及び微粒子 2 0 上に金属 1 5、1 5 a を堆積させ金属薄膜電極 1 5 を形成する。ここで、金属は絶縁体層 1 3 及び微粒子 2 0 間の間隙から電子供給層 1 2 及び微粒子 2 0 の接触部分の周りには回り込み、金属薄膜電極 1 5 の所定膜厚から漸次膜厚が減少する金属薄膜電極部分が形

成される。膜厚が漸次減少する金属薄膜電極部分は島領域 14 における絶縁体層 13 上の縁部 A で終端する。すなわち、微粒子 20 と絶縁体層 13 または金属薄膜電極 15 の間に境界（粒界）が存在し、その境界から微粒子と電子供給層 12 の接点に向かって、絶縁体層 13 及び金属薄膜電極 15 の膜厚が連続的に薄くなっている。このようにして、凹部である島領域 14 は、絶縁体層 13 及び金属薄膜電極 15 内の微粒子 20 下の接触面周囲に形成される。

#### 【0018】

この金属薄膜電極形成工程の後に、超音波洗浄などによって微粒子を除去することによって、図 1 に示す陥没した円形凹部の島領域 14 が形成される。

この微粒子除去工程の後に、膜厚が漸次減少する絶縁体層 13 の部分上に終端する金属薄膜電極 15 が形成された島領域 14 を有する素子基板 10 に対し、導電経路成長工程が施され得る。この導電経路成長工程においては、金属薄膜電極 15 及び電子供給層 12 間に電圧を印加して、所定電流を流す。ここで、絶縁体層 13 の縁部 B と金属薄膜電極 15 の縁部 A との間の絶縁体層が高い抵抗率ではあるが電流経路となるいわゆるサイト部分となっているので、このサイト部分にまず電流が流れ始める。これによりジュール熱が発生し、絶縁体層の表面又は内部に導電経路の成長が促進される。

#### 【0019】

つぎにサイト部分直下の電子供給層 12 の  $S_i$  は当初高い抵抗率であったものが局部的かつ選択的に電気抵抗が減少して、この部分にその電流量が増大する。これにより導電経路が環状に集中的に一様に成長する。このように、 $S_i$  は最初高抵抗であるために余計な絶縁破壊を防止することもできる。また、放出電流の安定化にも寄与している。

#### 【0020】

さらに、上記実施の形態の場合、微粒子 20 は電子供給層 12 に接しているが、図 6 に示すように、微粒子散布工程の直前に予備絶縁体層 13 b を予めスパッタして形成し、予備絶縁体層 13 b を介して微粒子 20 と電子供給層 12 とを離してもよい。離れている場合その距離は数十～数千オングストロームの範囲である。これにより、電子供給層 12 及び金属薄膜電極 15 間の短絡が防止できる。

## 【 0 0 2 1 】

さらにまた、島領域 1 4 は微粒子によるクレータ状の凹部に限定されず、図 7 及び図 9 に示すように、島領域は溝状の凹部 1 4 a 及びコーン状の凹部 1 4 b としてもよく、矩形などその形状及び形成方法は任意である。この図 7 及び図 9 に示す実施の形態における溝状の島領域 1 4 a 及びコーン状の島領域 1 4 b は、図 8 及び図 1 0 に示すように、それぞれラインもしくはドット状のテーパブロック 2 1 a 及び円柱状の逆テーパブロック 2 1 b を微粒子に代えて用いる以外、前述の島領域の形成方法と同様の手順で形成される。また、電子放出素子は、図 6 に示すように、電子供給層 1 2 又は予備絶縁体層 1 3 b 上に逆テーパブロック 2 1 a 及び 2 1 b を有してもよい。逆テーパブロック 2 1 a 及び 2 1 b は電気絶縁性材料例えばレジストからなり、基板 1 0 の法線方向に突出しかつその上部に基板に平行な方向に突出するオーバーハング部 2 2 a 及び 2 2 b を有する。

## 【 0 0 2 2 】

このように、電子放出素子としては、図 1、図 7 及び図 9 に示すように、微粒子 2 0、逆テーパブロック 2 1 a 及び 2 1 b を除去して、凹部である島領域 1 4 の複数が表面に均一に形成されたものであるが、図 6、図 8 及び図 1 0 に示すように、逆テーパブロック 2 1 a 及び 2 1 b を除去せずに島領域 1 4 の凹部中央にこれらを残したものでよい。

## 【 0 0 2 3 】

この電子放出素子 S の素子基板 1 0 を背面の第 1 基板として、図 1 に示すように、これに対向するガラスなどの透光性の第 2 基板 1 が真空空間 4 を挟んで前面基板すなわちフェイスプレートとして保持される。第 2 基板 1 の内面には P b O<sub>2</sub>、いわゆる I T O などの透明電導膜 3 が予め設けられ、次に A s、T e、S b<sub>2</sub>S<sub>3</sub>、C d、アモルファスセレン (a-S e) などからなる多層の光導電層 2 が成膜される。光導電層 2 は透明電導膜 3 を介して出力回路へ接続されている。

## 【 0 0 2 4 】

電子放出素子は、表面の金属薄膜電極 1 5 を正電位 V d とし裏面のオーミック電極 1 1 を接地電位としたダイオードである。オーミック電極 1 1 と金属薄膜電極 1 5 との間に電圧 V d、例えば 9 0 V 程度印加し電子供給層 1 2 に電子を注入

すると、電子は島領域 1 4 において縁部 B から縁部 A に向けて絶縁体層 1 3 内を電圧  $V_d$  によって加速されながら移動し、一部はホットエレクトロンとなる。島領域 1 4 内の金属薄膜電極 1 5 付近に達した電子のうち、金属薄膜電極 1 5 の仕事関数よりエネルギーの高い電子が、真空中に放出される。なおホットエレクトロンは光子よりエネルギーが高い電子である。

## 【 0 0 2 5 】

この島領域 1 4 の凹部から放出された電子  $e$  (放出電流  $I_e$ ) は、対向した光導電層 (透明電極) 2 に印加された高い加速電圧  $V_c$  例えば 5 k V 程度によって加速され、光導電層 2 に到達する。到達した電子が蓄積電荷 (入射光の強度によって生成した電荷すなわち正孔) と結合することによって、出力信号 (映像信号) が得られる。

## 【 0 0 2 6 】

基本的には図 1 に示す上記構成で撮像素子として動作するが、図 1 7 に示すように、上記構成の撮像素子に加え、さらに真空空間 4 中にメッシュ電極 3 0 を配置し、中間電圧  $V_m$  を印加することで電子ビームの方向性を良くして解像度を改善することができる。この場合、各電圧の値の一例は  $V_d < V_m < V_c$  である。

一般に、絶縁体層の膜厚が数十 nm ～数  $\mu$  m と厚い MIM または MIS 型電子放出素子は、単純に素子を製造しただけでは電子放出は得られない。金属薄膜電極 1 5 が正極になるようにオーミック電極 1 1 との間に電圧を印加する“フォーミング” (forming) という処理が必要である。フォーミング処理はいわゆる絶縁破壊とは異なり、電極材料の絶縁体層への拡散、絶縁体層 1 3 中での結晶化、フィラメントと呼ばれる導電経路の成長、絶縁体組成の化学量論的なズレなど、いろいろな説があるが、いまだに明確には解明されていない。このフォーミング処理は制御性が非常に悪く、素子を安定的に再現性良く製造することが難しい。また、フォーミングサイトは電極面内に偶発的に成長するという側面があるため、電子放出の起点 (電子放出源) の特定ができない。すなわち素子表面に均一に電子放出の起点を形成することができないので、電子放出パターンの均一性は著しく悪いものになってしまう。

## 【 0 0 2 7 】

本実施の形態の電子放出素子では、局所的に絶縁体層 13 の膜厚が漸次薄くなっている部分、すなわち膜厚が共に漸次減少する島領域 14 を形成し、膜厚が漸次薄くなっていく絶縁体層 13 の上に金属薄膜電極 15 の縁部を配置し電子放出部を形成した。この素子でも十分な電子放出が得られるが、さらに導電経路成長工程を行ってもよい。これによって、電子放出部内部の絶縁体層部分の表面又は内部に存在する導電性の微細構造が成長又は増大する。そして、素子を駆動した際にはこの微細構造に強い電界集中が生じこれをエミッションサイトとして電子放出が起ると推論される。また、粒径、形状がそろっている微粒子などを用いれば島領域 14 に大きさ、形状、状態共に揃った電子放出部を素子表面全体に均一に形成することができるので電子放出パターンも非常に良好である。

## 【0028】

電子の放出効率に関しては、素子面内で島領域 14 のみが電子放出源かつ導電経路として機能しているので、モレ電流などが無く非常に効率の良い電子放出が得られるものと考えられる。

電子放出素子の電子供給層 12 の材料としては Si が特に有効であるが、アモルファスシリコン (a-Si) や、a-Si のダンリングボンドを水素 (H) で終結させた水素化アモルファスシリコン (a-Si:H)、さらに Si の一部を炭素 (C) で置換した水素化アモルファスシリコンカーバイド (a-SiC:H) や、Si の一部を窒素 (N) で置換した水素化アモルファスシリコンナイトライド (a-SiN:H) などの化合物半導体も用いられ、ホウ素、ガリウム、リン、インジウム、ヒ素又はアンチモンをドーブしたシリコンも用いられ得る。Si の代わりにゲルマニウム (Ge)、Ge-Si、炭化シリコン (SiC)、ヒ化ガリウム (GaAs)、リン化インジウム (InP)、セレン化カドミウム (CdSe) 又は CuInTe<sub>2</sub> など、IV 族、III-V 族、II-VI 族などの単体半導体及び化合物半導体も電子供給層に用いられ得る。

## 【0029】

又は、電子供給層 12 の材料として Al, Au, Ag, Cu などの金属でも有効であるが、Sc, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Ga, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Cd, Ln, Sn, Ta, W, Re

, Os, Ir, Pt, Tl, Pb, La, Ce, Pr, Nd, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luなども用いられ得る。

### 【0030】

絶縁体層13の誘電体材料としては、酸化珪素 $\text{SiO}_x$  ( $x$ は原子比を示す)が特に有効であるが、

$\text{LiO}_x$ ,  $\text{LiN}_x$ ,  $\text{NaO}_x$ ,  $\text{KO}_x$ ,  $\text{RbO}_x$ ,  $\text{CsO}_x$ ,  $\text{BeO}_x$ ,  $\text{MgO}_x$ ,  $\text{MgN}_x$ ,  $\text{CaO}_x$ ,  $\text{CaN}_x$ ,  $\text{SrO}_x$ ,  $\text{BaO}_x$ ,  $\text{ScO}_x$ ,  $\text{YO}_x$ ,  $\text{YN}_x$ ,  $\text{LaO}_x$ ,  $\text{LaN}_x$ ,  $\text{CeO}_x$ ,  $\text{PrO}_x$ ,  $\text{NdO}_x$ ,  $\text{SmO}_x$ ,  $\text{EuO}_x$ ,  $\text{GdO}_x$ ,  $\text{TbO}_x$ ,  $\text{DyO}_x$ ,  $\text{HoO}_x$ ,  $\text{ErO}_x$ ,  $\text{TmO}_x$ ,  $\text{YbO}_x$ ,  $\text{LuO}_x$ ,  $\text{TiO}_x$ ,  $\text{ZrO}_x$ ,  $\text{ZrN}_x$ ,  $\text{HfO}_x$ ,  $\text{HfN}_x$ ,  $\text{ThO}_x$ ,  $\text{VO}_x$ ,  $\text{VN}_x$ ,  $\text{NbO}_x$ ,  $\text{NbN}_x$ ,  $\text{TaO}_x$ ,  $\text{TaN}_x$ ,  $\text{CrO}_x$ ,  $\text{CrN}_x$ ,  $\text{MoO}_x$ ,  $\text{MoN}_x$ ,  $\text{WO}_x$ ,  $\text{WN}_x$ ,  $\text{MnO}_x$ ,  $\text{ReO}_x$ ,  $\text{FeO}_x$ ,  $\text{FeN}_x$ ,  $\text{RuO}_x$ ,  $\text{OsO}_x$ ,  $\text{CoO}_x$ ,  $\text{RhO}_x$ ,  $\text{IrO}_x$ ,  $\text{NiO}_x$ ,  $\text{PdO}_x$ ,  $\text{PtO}_x$ ,  $\text{CuO}_x$ ,  $\text{CuN}_x$ ,  $\text{AgO}_x$ ,  $\text{AuO}_x$ ,  $\text{ZnO}_x$ ,  $\text{CdO}_x$ ,  $\text{HgO}_x$ ,  $\text{BO}_x$ ,  $\text{BN}_x$ ,  $\text{AlO}_x$ ,  $\text{AlN}_x$ ,  $\text{GaO}_x$ ,  $\text{GaN}_x$ ,  $\text{InO}_x$ ,  $\text{SiN}_x$ ,  $\text{GeO}_x$ ,  $\text{SnO}_x$ ,  $\text{PbO}_x$ ,  $\text{PO}_x$ ,  $\text{PN}_x$ ,  $\text{AsO}_x$ ,  $\text{SbO}_x$ ,  $\text{SeO}_x$ ,  $\text{TeO}_x$ などの金属酸化物又は金属窒化物でもよい。

### 【0031】

また、 $\text{LiAlO}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{Al}_{22}\text{O}_{34}$ ,  $\text{NaFeO}_2$ ,  $\text{Na}_4\text{SiO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{TiO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{WO}_4$ ,  $\text{Rb}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Cs}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{MgTiO}_3$ ,  $\text{CaTiO}_3$ ,  $\text{CaWO}_4$ ,  $\text{CaZrO}_3$ ,  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ,  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{SrZrO}_3$ ,  $\text{BaAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ,  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{LaFeO}_3$ ,  $\text{La}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ ,  $\text{CeSnO}_4$ ,  $\text{CeTiO}_4$ ,  $\text{Sm}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{EuFeO}_3$ ,  $\text{Eu}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{GdFeO}_3$ ,  $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{DyFeO}_3$ ,  $\text{Dy}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{HoFeO}_3$ ,  $\text{Ho}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{ErFeO}_3$ ,  $\text{Er}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{Tm}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{LuFeO}_3$ ,  $\text{Lu}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{NiTiO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{TiO}_3$ ,  $\text{FeTiO}_3$ ,  $\text{BaZrO}_3$ ,  $\text{LiZrO}_3$ ,  $\text{MgZrO}_3$ ,  $\text{HfTiO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ,  $\text{AgVO}_3$ ,  $\text{LiVO}_3$ ,  $\text{BaNb}_2\text{O}_6$ ,  $\text{NaNbO}_3$ ,  $\text{SrNb}_2\text{O}_6$

,  $\text{KTaO}_3$ ,  $\text{NaTaO}_3$ ,  $\text{SrTa}_2\text{O}_6$ ,  $\text{CuCr}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{BaCrO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{MoO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ ,  $\text{NiMoO}_4$ ,  $\text{BaWO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{WO}_4$ ,  $\text{SrWO}_4$ ,  $\text{MnCr}_2\text{O}_4$ ,  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{MnTiO}_3$ ,  $\text{MnWO}_4$ ,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{FeWO}_4$ ,  $\text{CoMoO}_4$ ,  $\text{CoTiO}_3$ ,  $\text{CoWO}_4$ ,  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{NiWO}_4$ ,  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CuMoO}_4$ ,  $\text{CuTiO}_3$ ,  $\text{CuWO}_4$ ,  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ,  $\text{Ag}_2\text{WO}_4$ ,  $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{ZnMoO}_4$ ,  $\text{ZnWO}_4$ ,  $\text{CdSnO}_3$ ,  $\text{CdTiO}_3$ ,  $\text{CdMoO}_4$ ,  $\text{CdWO}_4$ ,  $\text{NaAlO}_2$ ,  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{SrAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{InFeO}_3$ ,  $\text{MgIn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{TiO}_5$ ,  $\text{FeTiO}_3$ ,  $\text{MgTiO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{ZrSiO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{GeO}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{GeO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{GeO}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Sn}_3\text{O}_9$ ,  $\text{MgSnO}_3$ ,  $\text{SrSnO}_3$ ,  $\text{PbSiO}_3$ ,  $\text{PbMoO}_4$ ,  $\text{PbTiO}_3$ ,  $\text{SnO}_2\text{-Sb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuSeO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{ZnSeO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{TeO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{TeO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{TeO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{TeO}_4$ などの金属複合酸化物、 $\text{FeS}$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{MgS}$ ,  $\text{ZnS}$ などの硫化物、

$\text{LiF}$ ,  $\text{MgF}_2$ ,  $\text{SmF}_3$ などのフッ化物、

$\text{HgCl}$ ,  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{CrCl}_3$ などの塩化物、

$\text{AgBr}$ ,  $\text{CuBr}$ ,  $\text{MnBr}_2$ などの臭化物、

$\text{PbI}_2$ ,  $\text{CuI}$ ,  $\text{FeI}_2$ などのヨウ化物、

又は、 $\text{SiAlON}$ などの金属酸化窒化物でも絶縁体層13の誘電体材料として有効である。

#### 【0032】

さらに、絶縁体層13の誘電体材料としてダイヤモンド、フラーレン( $\text{C}_{2n}$ )などの炭素、或いは、 $\text{Al}_4\text{C}_3$ ,  $\text{B}_4\text{C}$ ,  $\text{CaC}_2$ ,  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ,  $\text{Mo}_2\text{C}$ ,  $\text{MoC}$ ,  $\text{NbC}$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{TaC}$ ,  $\text{TiC}$ ,  $\text{VC}$ ,  $\text{W}_2\text{C}$ ,  $\text{WC}$ ,  $\text{ZrC}$ などの金属炭化物も有効である。なお、フラーレン( $\text{C}_{2n}$ )は炭素原子だけからなり $\text{C}_{60}$ に代表される球面籠状分子で $\text{C}_{32}\sim\text{C}_{960}$ などがあり、また、上式中、 $\text{O}_x$ ,  $\text{N}_x$ の $x$ は原子比を表す。

#### 【0033】

絶縁体層の島状領域14以外の平坦部分の厚さは、50nm以上、好ましくは



1 0 0 ~ 1 0 0 0 n m 程度である。

電子放出側の金属薄膜電極 1 5 の材料としては P t , A u , W , R u , I r などの金属が有効であるが、B e , C , A l , S i , S c , T i , V , C r , M n , F e , C o , N i , C u , Z n , G a , Y , Z r , N b , M o , T c , R h , P d , A g , C d , I n , S n , T a , R e , O s , T l , P b , L a , C e , P r , N d , P m , S m , E u , G d , T b , D y , H o , E r , T m , Y b , L u などとも用いられ得る。

#### 【 0 0 3 4 】

またこれらの電子放出素子製造における成膜法としては物理堆積法又は化学堆積法が用いられる。物理堆積法は P V D (physical vapor deposition) 法として知られ、これには真空蒸着法、分子線エピタキシー (molecular beam epitaxy) 法、スパッタリング法、イオン化蒸着法、レーザアブレーション法などがある。化学堆積法は C V D (chemical vapor deposition) 法として知られ、これには熱 C V D 法、プラズマ C V D 法、M O C V D (metal-organic chemical vapor deposition) 法などがある。これらの中で、スパッタリング法が特に有効である。

#### 【 0 0 3 5 】

具体的に、S i に B (ボロン) を添加した電子供給層を用い、本発明による電子放出素子を作製し、それらの特性を調べた。

まず、清浄に洗浄した平滑なガラス基板を十分に乾燥させ背面基板とし、その一方の面に、窒素を導入した反応スパッタリング法により T i N のオーミック電極を厚さ 2 2 0 n m 、その上に B を 0 . 1 5 a t m % の割合で添加した S i の電子供給層を 5 0 0 0 n m 成膜した電子供給層基板を複数作製した。

#### 【 0 0 3 6 】

第 1 実施の形態として、図 5 に示すように、電子供給層基板の電子供給層上に微粒子を散布した微粒子散布基板を作製した。本実施の形態では微粒子直径は 1 . 0  $\mu$  m の真球状微粒子 (以下、単にスペーサともいう) を用いた。微粒子材質は S i O <sub>2</sub> で、粒径の粒子径分布範囲は非常に小さいものであった。微粒子の散布には液晶表示素子のスペーサ散布と同じ公知の方法を用いた。散布方法に湿式

と乾式があるが、本素子では湿式法で散布した。

【 0 0 3 7 】

球状微粒子をエチルアルコールに分散させ、凝集しない様に充分攪拌した。この分散液を上記の Si 電子供給層上にスピコート法で塗布し、その後、エチルアルコールを除去した。これによって Si 電子供給層上に球状微粒子が均一に塗布された。微粒子の Si 電子供給層上での分布密度は略 1 4 0 (個/mm<sup>2</sup>) であった。このようにして、微粒子付き凹部島領域を有する微粒子散布基板を複数作製した。

【 0 0 3 8 】

また、第 2 実施の形態として、図 6 に示すように、予備絶縁体層を介して微粒子と電子供給層とを離間させた微粒子散布基板を作製するために、微粒子散布工程の直前に SiO<sub>2</sub> の予備絶縁体層を 5 0 n m の膜厚で予めスパッタして形成した以外、上記第 1 実施の形態と同様な構成の予備絶縁体層付きの微粒子散布基板を複数作製した。

【 0 0 3 9 】

さらにまた、第 3 実施の形態として、図 8 に示すように、上記の電子供給層基板の電子供給層上に逆テーパブロックを形成したブロック基板を複数作製した。逆テーパブロック材料のレジストにノボラック系フォトリソレジストを用いた。レジストの塗布には、広く一般に用いられている手法であるスピコート法を用いた。レジストを塗布後、フォトリソマスクを用いプリベーク、露光、ポストベーク、現像の工程を経て、Si 電子供給層上に所望のレジストパターンを形成する。このとき形成するパターンの形状は任意であるが、後に成膜する絶縁体層に完全に埋没しないだけの Si 電子供給層からの高さを必要とする。本実施の形態では、レジストからなる幅 5 0 0 0 n m、高さ 4 0 0 0 n m のライン構造の逆テーパブロック又は直径 2. 0 μ m、高さ 4 0 0 0 n m の円柱構造の逆テーパブロックを Si 電子供給層上に作成した。今回用いたレジストの逆テーパブロック（以下、単にレジストともいう）は横断面が逆テーパ形状となるものであるが、テーパ角度は任意であり、またテーパがかかっていなくとも良い。このようにして、レジスト付きのブロック基板を複数作製した。

## 【 0 0 4 0 】

次に、第 1 ～ 第 3 それぞれの素子基板の電子供給層上に、酸素を導入した反応スパッタリング法によって、 $\text{SiO}_2$ の絶縁体層を 330 nm 成膜した。このとき、球状微粒子及び逆テーパブロックの突出形状は表面に露出している。もちろん微粒子及び逆テーパブロックの表面上に $\text{SiO}_2$ は成膜されていた。微粒子及び逆テーパブロックと $\text{Si}$ 電子供給層とが接している近傍（粒界）は、オーバーハング部の“影”になるので、スパッタリングガスの“まわりこみ”によって成膜されるが、絶縁体層の膜厚は接触領域に向かって徐々に薄くなっていた。

## 【 0 0 4 1 】

次に、金属薄膜電極のパターンのマスクを $\text{SiO}_2$ 絶縁体層上に取り付け、Pt あるいは、Au の薄膜をスパッタリング法で 10 nm 成膜して、電子放出素子の素子基板を複数作製した。この時、絶縁体層を表面処理せずに金属薄膜電極薄膜を成膜してもよいが、絶縁体層表面をスパッタエッチングしてから、電極膜を成膜してもよい。スパッタエッチングによって、微粒子と絶縁体（又はレジストと絶縁体）の境界部分のエッチングや改質を行い、金属薄膜電極成膜時に電極材料がより効果的に微粒子と絶縁体（又はレジストと絶縁体）の境界部分にまわりこむため、電子放出がより効果的に起こるからである。なお、スパッタエッチングを行うと素子表面に微粒子の形状を反映したリング状の痕跡が残る。（又は、レジストパターンを反映したリングあるいはライン状の痕跡が残る。）

本実施の形態ではすべて、スパッタエッチングを行ってから、上部の金属薄膜電極の成膜を行った。

## 【 0 0 4 2 】

さらに、第 4 実施の形態として、図 1 に示すように、上記第 1 実施の形態の微粒子分散基板から付着している分散微粒子を除去した微粒子無しの凹部島領域のみの電子放出素子 S の素子基板を複数作製した。第 4 実施の形態は、上記第 1 実施の形態における微粒子付き電子放出素子基板から、水、アセトン、エタノール、メタノール及びイソプロピルアルコールなどを用いた超音波洗浄によって、分散微粒子及びレジストパターンを除去した以外、第 1 実施の形態と同一工程で作

製されたものである。

【 0 0 4 3 】

さらにまた、第 5 実施の形態として、図 7 に示すように、上記第 3 実施の形態のブロック基板からレジストを除去した凹部及び溝のみの電子放出素子 S の素子基板を複数作製した。第 5 実施の形態は、上記第 3 実施の形態におけるレジスト付き電子放出素子のブロック基板から、水、アセトン、エタノール、メタノール及びイソプロピルアルコールなどを用いた超音波洗浄によって、レジストパターンを除去した以外、第 3 実施の形態と同一工程で作製されたものである。

【 0 0 4 4 】

また、比較例として、分散微粒子及びレジストを設けないこと以外、電子供給層基板から上記実施の形態と同様の手順で形成した凹部及び溝なしの電子放出素子の素子基板を複数作製した。

一方、透明ガラス基板 1 の内面に光導電層を形成した透明基板を作成した。

これら上記の各種素子基板及び透明基板を、金属薄膜電極及び光導電層が向かい合うように平行に 0. 2 ～ 5 mm 離間してスペーサにより保持し、間隙を  $10^{-7}$  Torr 又は  $10^{-5}$  Pa の真空になし、電子放出素子を組立て、作製した。

【 0 0 4 5 】

作製した素子について、金属薄膜電極及びオーミック電極の間に素子電圧  $V_p$  s として 0 ～ 120 V 印加して、各素子のダイオード電流  $I_d$  及び放出電流  $I_e$  を測定した。その結果を、下記の表 1 に示す。表中、素子構造は、上記実施の形態に対応した、オーミック電極材料／電子供給層材料／島領域／絶縁体層材料／金属薄膜電極材料の順に示す。

【 0 0 4 6 】

【表 1】

	素 子 造	電圧 (V)	ダイオード電流 $I_d(A/cm^2)$	放出電流 $I_e(A/cm^2)$	効率(%)
第1実施例	TiN/Si+B/スペーサ/SiO <sub>2</sub> /Pt	90	$5.90 \times 10^{-2}$	$6.94 \times 10^{-3}$	10.52
	TiN/Si+B/スペーサ/SiO <sub>2</sub> /Au	90	$9.28 \times 10^{-2}$	$2.12 \times 10^{-2}$	18.60
第2実施例	TiN/Si+B/SiO <sub>2</sub> (50nm)/スペーサ/SiO <sub>2</sub> /Pt	90	$4.00 \times 10^{-2}$	$1.11 \times 10^{-3}$	2.71
第3実施例	TiN/Si+B/レジスト/SiO <sub>2</sub> /Pt	65	$4.00 \times 10^{-1}$	$5.72 \times 10^{-3}$	1.41
第4実施例	TiN/Si+B/スペーサ(除去)/SiO <sub>2</sub> /Pt	90	$3.64 \times 10^{-2}$	$5.34 \times 10^{-3}$	12.80
第5実施例	TiN/Si+B/レジスト(除去)/SiO <sub>2</sub> /Pt	77	$1.99 \times 10^{-2}$	$5.61 \times 10^{-3}$	21.99
比較例	TiN/Si+B/SiO <sub>2</sub> /Pt	108	$6.79 \times 10^{-5}$	$1.19 \times 10^{-5}$	14.91

表 1 に示すように、いずれの凹部島状領域を有する電子放出素子は放出電流が得られていることがわかる。とくに、第 1 実施の形態の TiN/Si+B/スペーサ/SiO<sub>2</sub>/(Pt 又は Au) の積層構造の素子が、比較例に比して放出電流が著しく増加していることが確認された。

## 【0047】

Pt 電極を成膜した第 1 実施の形態の電子放出素子及び比較例について、素子電圧  $V_{ps}$  の 0 から 90 V 印加したときの電子放出素子のダイオード電流  $I_d$  及び放出電流  $I_e$  の変化を図 11 及び図 12 にそれぞれ示す。これらの図から凹部島状領域を有する電子放出素子は放出電流  $I_e$  について、比較例に比して 2 桁も高い特性が得られ、放出電流が著しく増加していることが分かる。この実施の形態の最大放出電流は  $6.9 \times 10^{-3} A/cm^2$  であり、比較例では  $1.2 \times 10^{-5} A/cm^2$  であった。また凹部島状領域は平方ミリメートルあたり略 140 個あることから計算すると、凹部島状領域 1ヶ所から平均して  $5.0 \times 10^{-7} A$  の電子放出が得られている。また、凹部島状領域を有する電子放出素子は比較例に比して、非常に変動の少ない安定した放出電流  $I_e$  及びダイオード電流  $I_d$  が得られていることが分かる。

## 【0048】

また、上記実施の形態の条件で絶縁体層の全体厚 50 nm 以上の 50 nm ~ 1000 nm の範囲の膜厚を有する素子を作製し、それらの絶縁体層膜厚に対する

電子放出効率  $I_e / (I_e + I_d) \times 100 (\%)$  の変化において、200V以下の電圧を加えることにより、放出効率を測定した。その結果、絶縁体層の全体厚50nm以上の50nm～1000nmの範囲の膜厚を有する素子で、0.1%以上の放出効率を得られることも確認された。

## 【0049】

また、Bを添加しないSi電子供給層単独の電子放出素子も同様に上記実施の形態と同様の効果を奏する。

さらに、上記実施の形態においては、絶縁体層及び金属薄膜電極には、それらの膜厚がその中央に向け共に漸次減少する凹部又は溝状の島領域が形成されている電子放出素子を説明しているが、かかる島領域における絶縁体層及び金属薄膜電極の膜厚がその中央から離れて共に漸次減少するものであってもよい。例えば、更なる実施の形態として、図13に示すように、絶縁体層13及び金属薄膜電極15の膜厚が遮蔽壁20に向け共に漸次減少する島領域14を、溝凹部の側壁の片側に形成することもできる。

## 【0050】

図13に示すかかる溝凹部である島領域14は、次のように形成できる。まず、オーミック電極11及び電子供給層12が順に形成された基板10上に、図8に示すライン状テーパブロック21aと同様に、レジストなどからなる遮蔽壁20を形成する。次に、スパッタリング法などにより絶縁体層13を形成する。絶縁体層のスパッタリングの際に、スパッタされた絶縁体材料の流れの方向に対して基板10の電子供給層12の面を傾斜して配置することにより、遮蔽壁20の一方側に絶縁体材料の堆積量が低い部分、絶縁体層膜厚が遮蔽壁20に向け漸次減少する部分を絶縁体層13に形成する。次に、スパッタされた金属薄膜電極材料の流れの方向に対して基板10の絶縁体層13面を傾斜して配置することにより、遮蔽壁20の一方側に金属薄膜電極材料の堆積量が低い部分、金属薄膜電極膜厚が遮蔽壁20に向け漸次減少する部分を金属薄膜電極15に形成する。これらの絶縁体層及び金属薄膜電極の傾斜スパッタリングにおいて、スパッタされた絶縁体層材料の流れの基板への入射角 $\theta$ に対して、スパッタされた金属薄膜電極材料の流れの基板への入射角 $\theta'$ を大きくするように、スパッタリング装置に

において基板 1 0 の角度を設定すれば、島領域 1 4 においては、金属薄膜電極 1 5 が絶縁体層 1 3 上の縁部 A で終端する構造が形成できる。なお、島領域 1 4 における絶縁体層 1 3 は電子供給層 1 2 上の縁部 B で終端している。また、遮蔽壁 2 0 及びその上の堆積物をエッチングなどにより除去し、電子供給層 1 2 が露出した構造とすることもできる。

#### 【 0 0 5 1 】

またさらに、上記実施の形態においては島領域が凹部として形成されているが、島領域は平坦又は凸部として絶縁体層及び金属薄膜電極の膜厚が漸次減少する構造とすることができる。例えば、更なる実施の形態として、図 1 4 に示すように、絶縁体層 1 3 及び金属薄膜電極 1 5 の膜厚が電子供給層 1 2 の山部 1 2 a の頂上に向け共に漸次減少する平坦又は凸部の島領域 1 4 を形成することもできる。この平坦又は凸部の島領域 1 4 はフォトリソグラフィ及びエッチングなどによって形成される。電子供給層 1 2 の山部 1 2 a は山脈として連なっているが、独立した凹部として点在させて形成してもよい。この場合においても、島領域 1 4 における金属薄膜電極 1 5 が絶縁体層 1 3 上の縁部 A で、絶縁体層 1 3 が電子供給層 1 2 上の縁部 B で終端している。また、電子供給層 1 2 の山部 1 2 a の頂上に絶縁体層 1 3 を覆い電子供給層 1 2 を被覆した構造とすることもできる。

#### 【 0 0 5 2 】

図 1 5 は、実施の形態の電子放出素子を適用した撮像素子を示す。

背面基板 1 0 の真空空間 4 側内面には、それぞれ平行に伸長する複数のオーミック電極 1 1 が形成されている。共通のオーミック電極 1 1 上にこれに沿って電子放出素子 S の複数の配置されている。それぞれ平行に伸長する複数の金属薄膜電極 1 5 は、オーミック電極 1 1 に垂直に伸長して架設されている。複数のバスライン 1 6 は平行な金属薄膜電極 1 5 上の一縁部に沿って設けられている。バスライン 1 6 は、例えば垂直方向走査用のパルス発生回路に接続され、それぞれに所定信号が印加される。オーミック電極 1 1 は例えば水平方向走査用のパルス発生回路に接続され、垂直方向走査パルスに同期してそれぞれに所定信号が印加される。オーミック電極 1 1 並び金属薄膜電極 1 5 及びバス電極 1 6 の交点が電子

放出素子 S の配置に対応する。よって、本発明の撮像素子においては、オーミック電極及びバスラインにより電子放出素子 S が順次駆動され、放出電子で近接した光導電層領域を走査して、光導電層に結像された画像から光電変換された映像信号を得る。

【 0 0 5 3 】

図 1 5 に示すように、電子放出素子 S はオーミック電極 1 1 上に順に形成された電子供給層 1 2、絶縁体層 1 3 及び金属薄膜電極 1 5 からなる。この絶縁体層 1 3 及び金属薄膜電極 1 5 は、それらの界面が延在する方向においてそれらの膜厚が共に漸次減少する島領域 1 4 を有している。金属薄膜電極 1 5 は真空空間 4 に面している。

【 0 0 5 4 】

特に、電子放出素子 S の各々を取り囲み複数の電子放出領域に区画する絶縁性支持部 1 7 が形成されている。この絶縁性支持部 1 7 は断線を防止する。すなわち、図 1 5 に示すように、電子放出素子以外の周縁部にあらかじめ絶縁性支持部 1 7、或いは電気抵抗の大きい物質を、その後の工程で電子放出素子を形成した場合の最終的な厚さと同程度に成膜しておくのである。

【 0 0 5 5 】

さらに、本実施の形態では、背面基板 1 0 から真空空間 4 へ突出するように絶縁性支持部 1 7 上に背面基板側の隔壁 R R（破線）が形成されている。隔壁 R R は所定間隔で間隔を隔てて配置されている。図 1 5 では、隔壁 R R は電子放出素子 S の列毎にそれらの間に形成されているが、隔壁 R R を、電子放出素子 S の例えば 2、3 個の列毎の間に間隔をあけて形成してもよい。また、図 1 5 では、隔壁 R R は金属薄膜電極 1 5 にほぼ平行な方向に連続して形成されているが、前面基板 1 側の第 2 隔壁 F R（破線）に当接する部分を含む上部面積を残して間欠的に形成してもよい。

【 0 0 5 6 】

更に、この隔壁 R R はその上底面積が、背面基板と接する下底面積よりも大きく形成されることが好ましい。すなわち、隔壁 R R はその上部に背面基板に略平行な方向に突出するオーバーハング部を有するように、形成されることが好まし



い。

更に、図 1 5 では、金属薄膜電極 1 5 が連続して形成されているが、金属薄膜電極 1 5 を素子毎に分離してバス電極 1 6 で互いに接続する構成としてもよい。また、金属薄膜電極 1 5 上に設けられたバス電極 1 6 の形状が単純な直線状で形成されているが、バス電極 1 6 を直線状でなく、電子放出素子の金属薄膜電極 1 5 の間において、金属薄膜電極上における幅よりも大なる幅を有するように、すなわち電子放出素子の間では素子上よりも太くなるように形成することが好ましい。これによって、バス電極の抵抗値を低減できる。

#### 【 0 0 5 7 】

オーミック電極 1 1 は、その材料としては、Au, Pt, Al, W等の一般に ICの配線に用いられる材料やクロム、ニッケル、クロムの 3 層構造、AlとNdの合金、AlとMoの合金、TiとNの合金も用いられ得、その厚さは各素子にはほぼ同電流を供給する均一な厚さである。なお、図 1 5 では図示しないが背面基板 1 0 及びオーミック電極 1 1 間には、 $\text{SiO}_x$ ,  $\text{SiN}_x$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , AlNなどの絶縁体からなるインシュレータ層を形成してもよい。インシュレータ層はガラスの背面基板 1 0 から素子への悪影響（アルカリ成分などに不純物の溶出や、基板面の凹凸など）を防ぐ働きをなす。

#### 【 0 0 5 8 】

金属薄膜電極 1 5 の材質は、電子放出の原理から仕事関数  $\phi$  が小さい材料で、あることが望ましい。電子放出効率を高くするために、金属薄膜電極 1 5 の材質は周期律表の I 族、II 族の金属が良く、たとえばCs, Rb, Li, Sr, Mg, Ba, Ca等が有効で、更に、それらの合金であっても良い。また、金属薄膜電極 1 5 の材質は導電性が高く化学的に安定な金属が良く、たとえばAu, Pt, Lu, Ag, Cuの単体又はこれらの合金等が望ましい。また、これらの金属に、上記仕事関数の小さい金属をコート、あるいはドーブしても有効である。

#### 【 0 0 5 9 】

バス電極 1 6 の材料としては、Au, Pt, Al, Cu等の一般に ICの配線に用いられる物で良く、各素子にはほぼ同電位を供給可能ならしめるに足る厚さで、 $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ が適当である。但し、抵抗値が許容できるのであれば、バス

電極を使用しないで、金属薄膜電極に使用する材料を使用することもできる。

一方、受光面である透明ガラスなどの透光性の前面基板 1 の内面（背面基板 1 0 と対向する面）には、光導電層 2 が一体的に形成され、これに高い電圧が印加される。上記実施の形態においては、モノクロの撮像装置を示したが、図 1 6 に示すように、前面基板 1 に金属薄膜電極 1 5 にほぼ平行に赤色、緑色、青色の光を透過するフィルタ部 3 R, 3 G, 3 B からなるフィルタを設け、該フィルタ部に対応する信号電極 2 2 R, 2 2 G, 2 2 B を平行に設けることによって、3 電極の撮像素子が得られる。

#### 【 0 0 6 0 】

光導電層 2 上には、フロントリブ（第 2 隔壁）F R がオーミック電極 1 1 に平行となるように複数形成されている。延在しているフロントリブ間の光導電層 2 が真空空間 4 に面するように、それぞれ形成されている。このように、各光導電層 2 の境には背面基板と前面基板の距離を一定（例えば 1 m m）に保つためのフロントリブ（第 2 隔壁）F R が設けられている。背面基板 1 0 上に設けられたリアリブ（隔壁）R R と直交する方向にフロントリブ（第 2 隔壁）F R とが前面基板 1 に設けられている。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による実施の形態の電子放出素子の概略断面図である。

【図 2】 本発明による電子放出素子の製造方法における素子基板の部分拡大断面図である。

【図 3】 本発明による電子放出素子の製造方法における素子基板の部分拡大断面図である。

【図 4】 本発明による電子放出素子の製造方法における素子基板の部分拡大断面図である。

【図 5】 本発明による電子放出素子の製造方法における素子基板の部分拡大断面図である。

【図 6】 本発明による他の電子放出素子の製造方法における素子基板の部分拡大断面図である。

【図 7】 本発明による他の電子放出素子の部分拡大斜視図である。

【図 8】 本発明による他の電子放出素子の部分拡大斜視図である。

【図 9】 本発明による他の電子放出素子の部分拡大斜視図である。

【図 1 0】 本発明による他の電子放出素子の部分拡大斜視図である。

【図 1 1】 印加した素子電圧  $V_{ps}$  に対する、絶縁体層及び金属薄膜電極の膜厚が漸次減少する複数の島領域を有する電子放出素子のダイオード電流  $I_d$  及び放出電流  $I_e$  の変化を示すグラフである。

【図 1 2】 印加した素子電圧  $V_{ps}$  に対する比較例の電子放出素子のダイオード電流  $I_d$  及び放出電流  $I_e$  の変化を示すグラフである。

【図 1 3】 本発明による更なる他の電子放出素子の部分拡大斜視図である。

【図 1 4】 本発明による更なる他の電子放出素子の部分拡大斜視図である。

【図 1 5】 本発明による実施の形態の電子放出素子を用いた撮像素子を示す概略部分斜視図である。

【図 1 6】 本発明による他の実施の形態の電子放出素子を用いた撮像素子を示す概略部分斜視図である。

【図 1 7】 本発明による他の実施の形態の電子放出素子の概略断面図である。

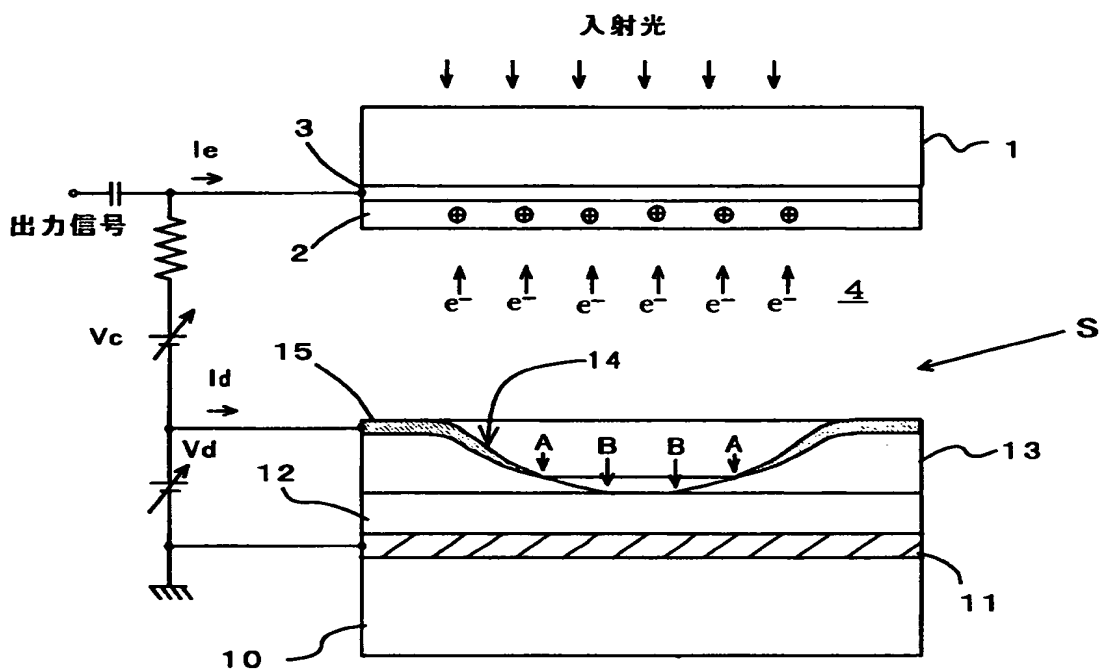
【符号の説明】

- 1 透光性の前面基板
- 2 光導電層
- 3 透明電極
- 4 真空空間
- 1 0 背面基板
- 1 1 オーミック電極
- 1 2 電子供給層
- 1 3 絶縁体層
- 1 4 島領域
- 1 5 金属薄膜電極

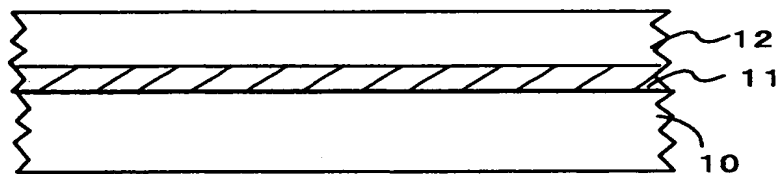
- 1 6 バスライン
- 1 7 絶縁性支持部
- 2 0 微粒子
- 2 1 a, 2 1 b 逆テーパブロック
- 3 0 メッシュ電極

【書類名】 図面

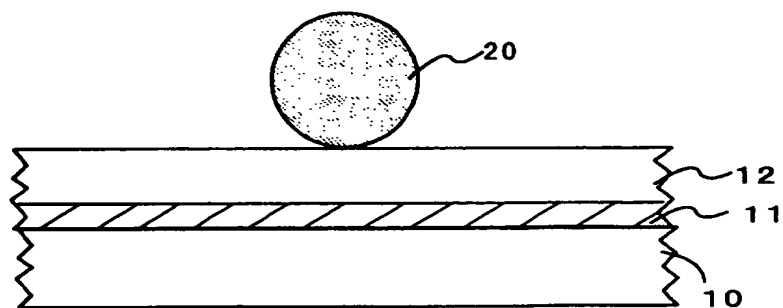
【図 1】



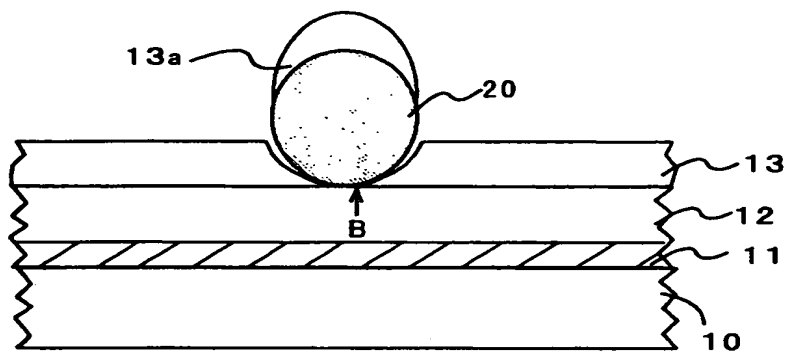
【図 2】



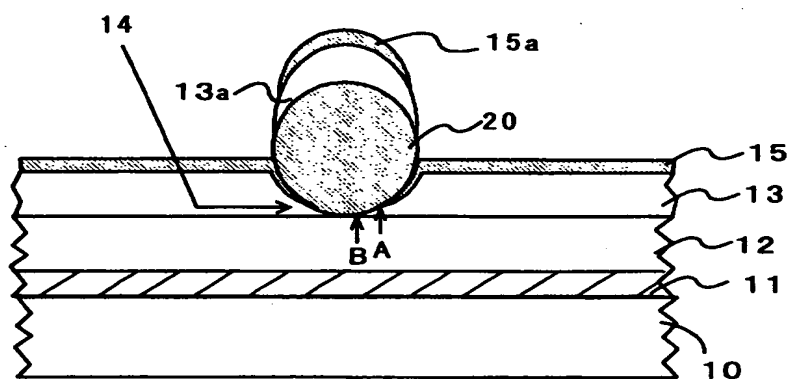
【図 3】



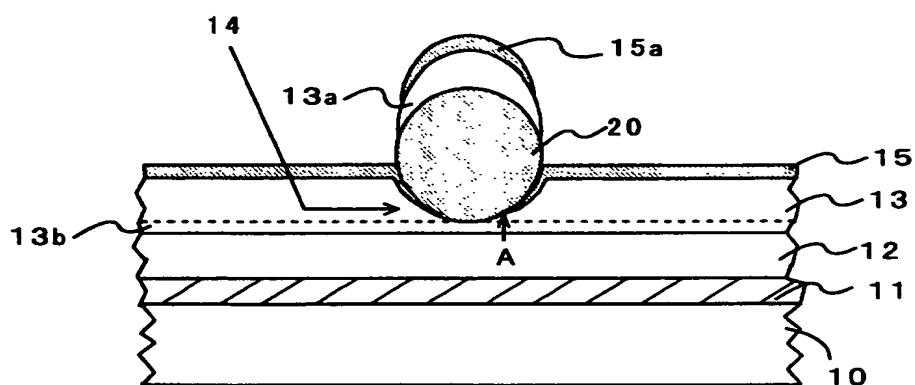
【図 4】



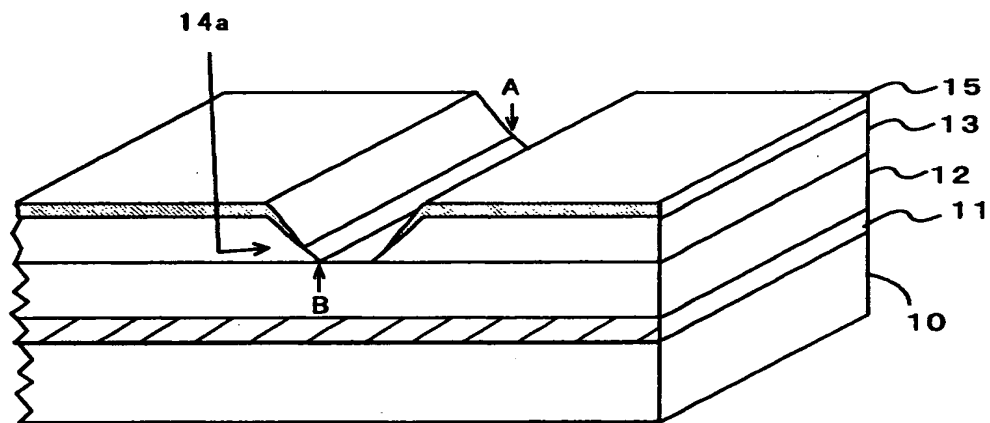
【図 5】



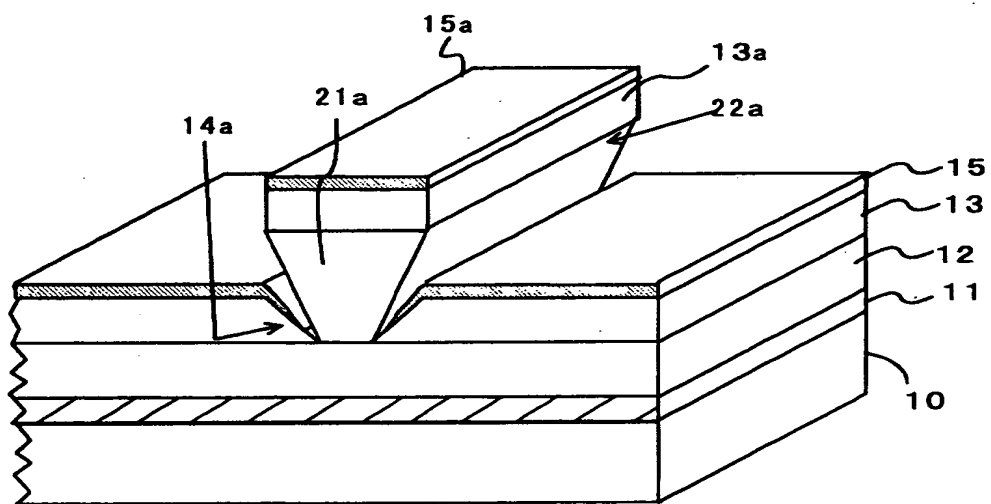
【図 6】



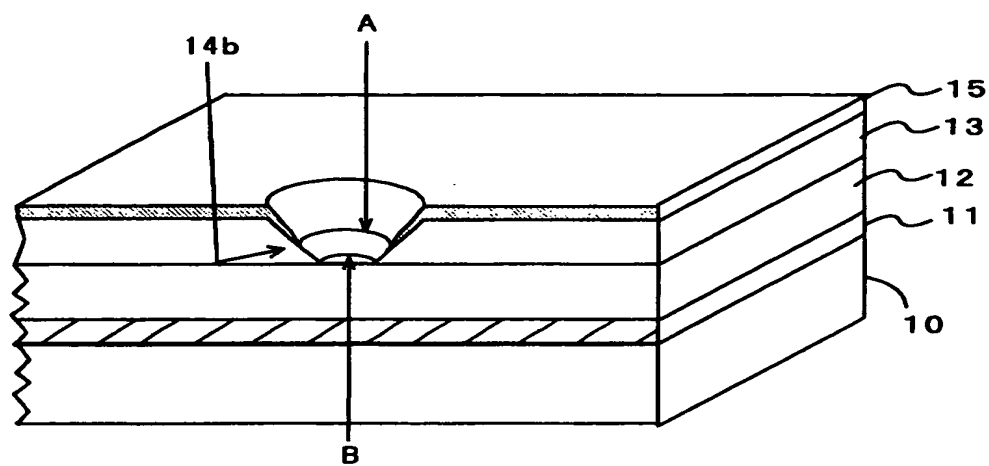
【図 7】



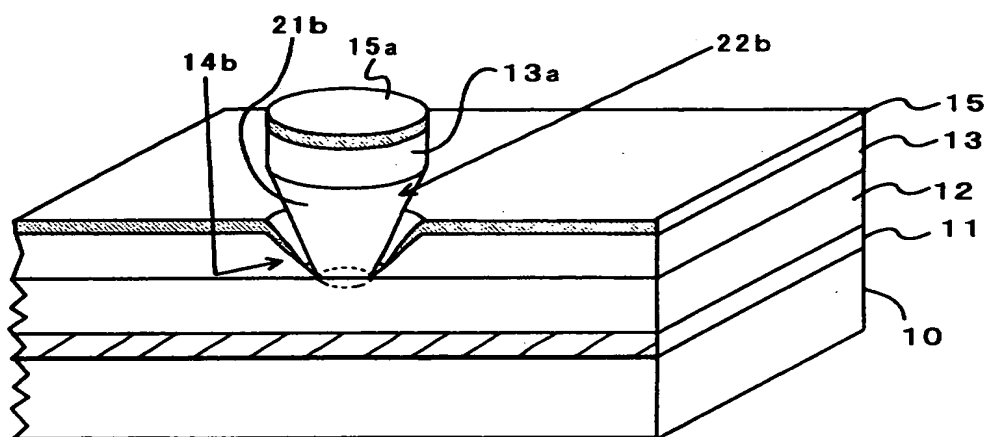
【図 8】



【図 9】

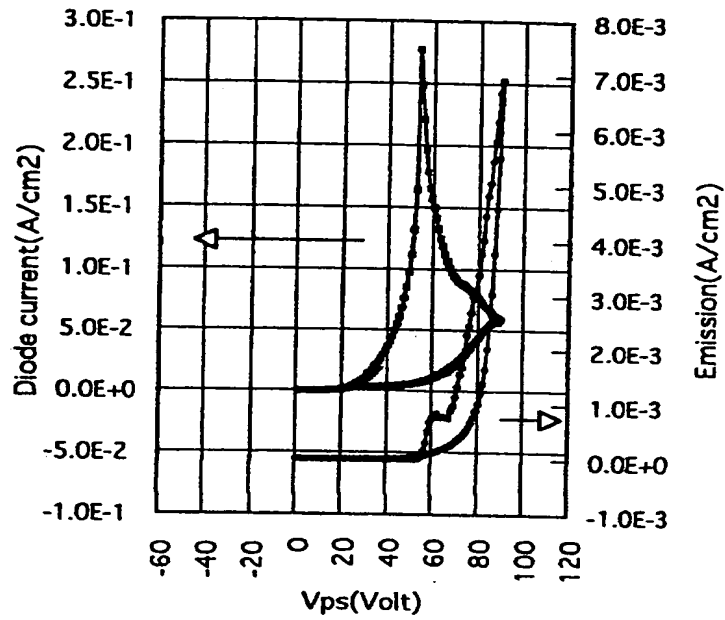


【図 1 0】

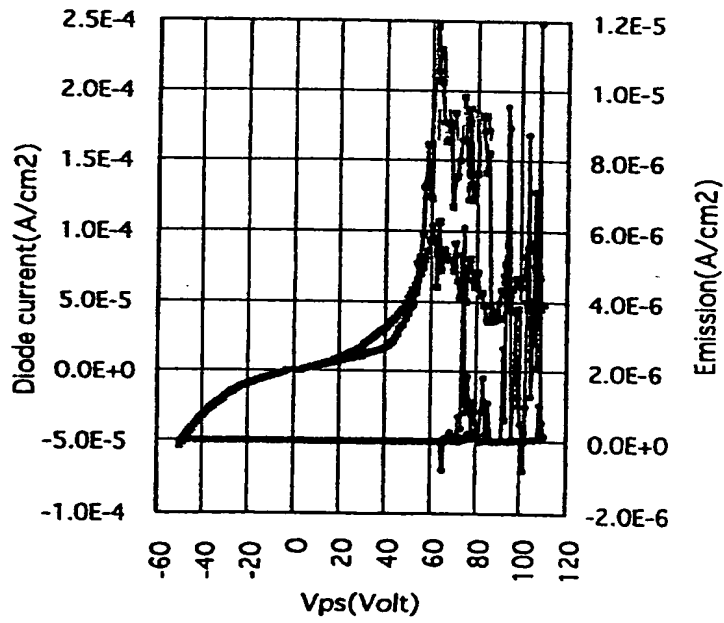




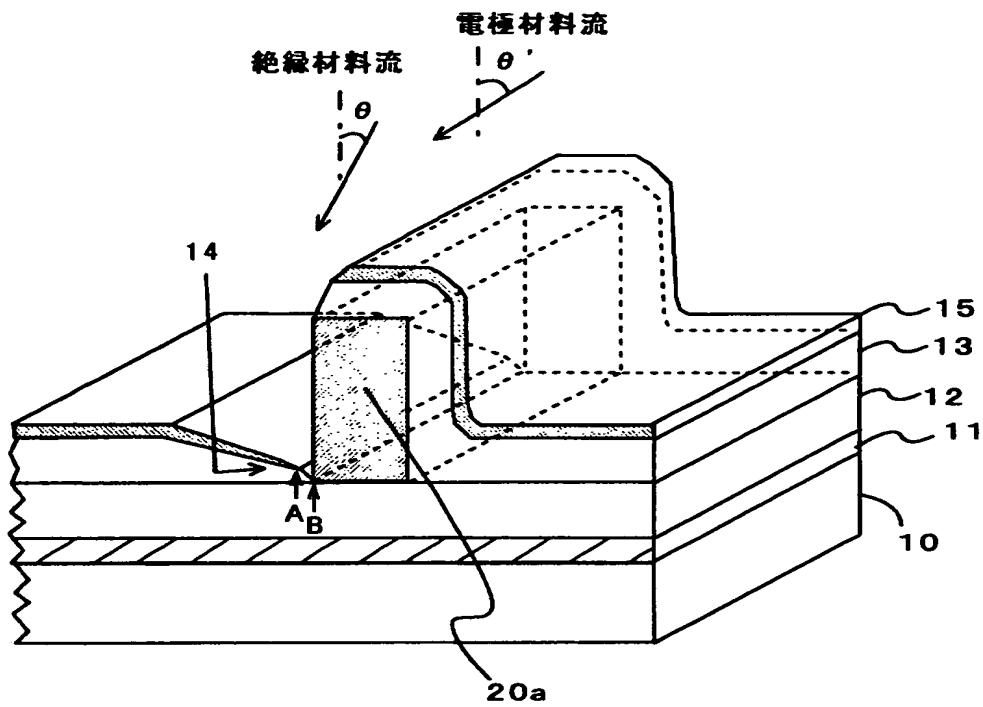
【図 1 1】



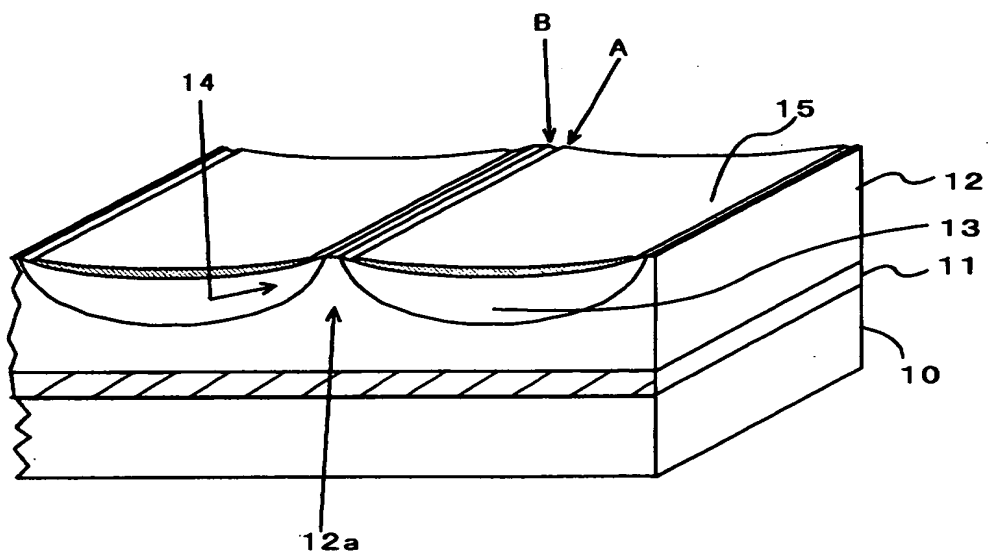
【図 1 2】



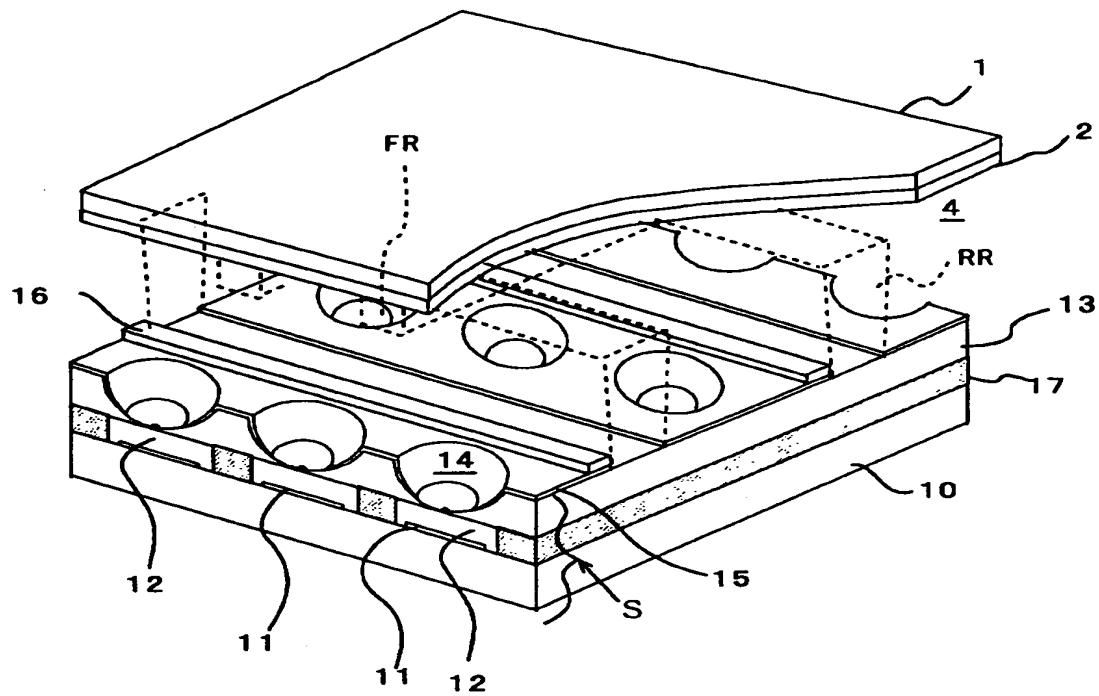
【図 13】



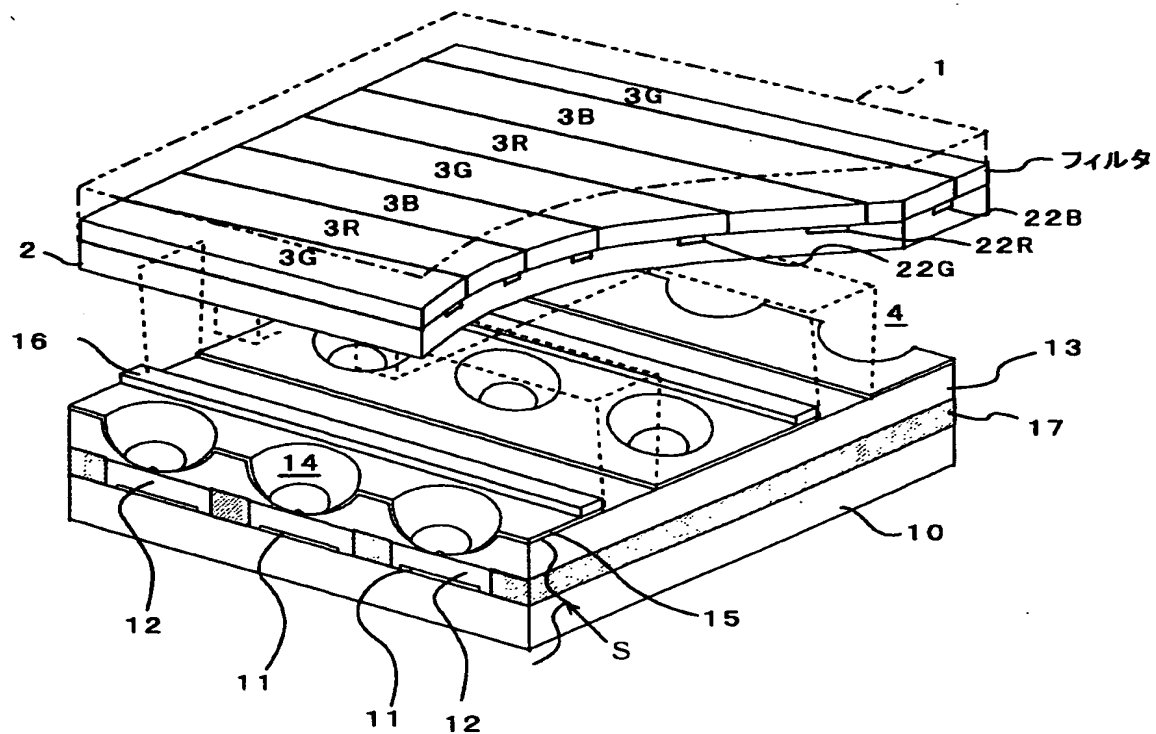
【図 14】



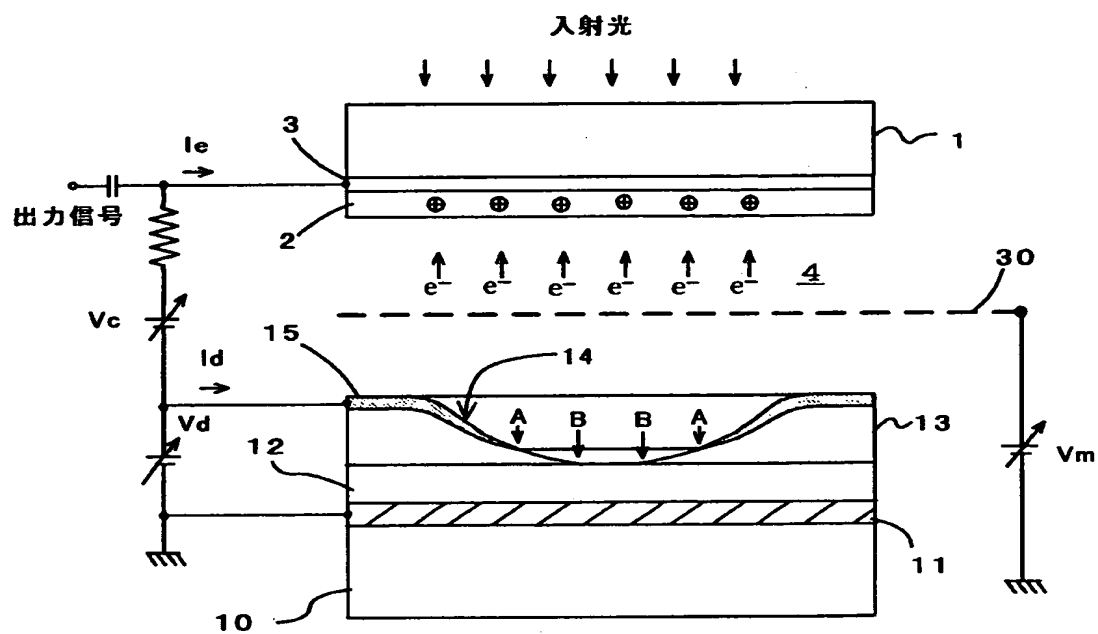
【図15】



【図16】



【图 1 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低い電圧で安定して電子を放出する電子放出素子を用いた撮像素子を提供する。

【解決手段】 真空空間を挟み対向する一対の第1及び第2基板と、第1基板に設けられた複数の電子放出素子と、第2基板に設けられた光導電層と、からなる撮像素子であって、電子放出素子の各々は、オーミック電極上に形成された電子供給層上に積層された絶縁体層、及び絶縁体層上に積層された金属薄膜電極からなり、絶縁体層及び金属薄膜電極は、それらの膜厚が電子供給層に向かって漸次減少する島領域の電子放出部を有している。

【選択図】 図15

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005016]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都目黒区目黒1丁目4番1号
氏 名	パイオニア株式会社